



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **92401357.6**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **H01J 43/04, H01J 43/22**

(22) Date de dépôt : **19.05.92**

(30) Priorité : **21.05.91 FR 9106099**

(43) Date de publication de la demande :  
**25.11.92 Bulletin 92/48**

(84) Etats contractants désignés :  
**DE GB NL**

(71) Demandeur : **COMMISSARIAT A L'ENERGIE  
 ATOMIQUE**  
**31-33, rue de la Fédération**  
**F-75015 Paris (FR)**

(72) Inventeur : **Comby, Georges**  
**13 rue du Général Humbert**  
**F-78120 Rambouillet (FR)**

(74) Mandataire : **Mongrédién, André et al**  
**c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu**  
**F-75008 Paris (FR)**

(54) **Structure multiplicatrice d'électrons en céramique notamment pour photomultiplicateur et son procédé de fabrication.**

(57) Le multiplicateur fabriqué selon l'invention a une forme très compacte et peut avoir les électrodes de sortie des canaux disposées dans n'importe quelle direction.

La structure multiplicatrice (94) est un bloc de céramique obtenu par cuisson d'un empilement de feuilles de céramique préparées au préalable dans le but de constituer des cavités incluses dans la masse. Chaque cavité (21) est recouverte d'un dépôt métallique, relié à un contact latéral (23) par un conducteur (24) imprimé au préalable sur la feuille correspondante.

Les canaux peuvent avoir des géométries particulières pour avoir leur sortie sur plusieurs surfaces différentes (41, 46, 47) de la structure multiplicatrice.

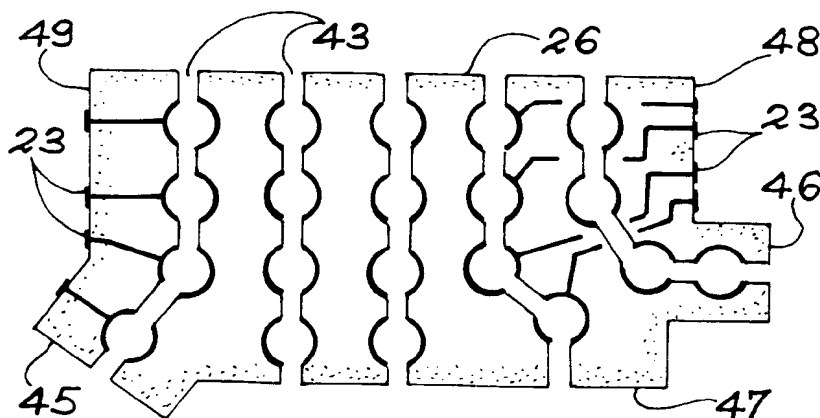


FIG. 12

## DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne les multiplicateurs d'électrons, comportant un grand nombre de canaux de multiplication électronique indépendants. L'invention concerne également les dispositifs issus de l'association de ce type de multiplicateurs multivoie à des sources variées d'électrons incidents en amont et à des récepteurs (actifs ou passifs) de flux multipliés d'électrons en aval. L'invention concerne également la fabrication de ce type de multiplicateurs.

## ART ANTERIEUR

Malgré l'apparition sur le marché de nombreux détecteurs très sensibles, la détection d'un unique électron de basse énergie (qq ev) nécessite une multiplication électronique afin d'obtenir une charge électrique suffisante pour être détectée. Le multiplicateur d'électrons joue un rôle essentiel dans un composant très connu qui est le photomultiplicateur, mais son emploi ne saurait être limité à cette application.

Néanmoins, c'est à travers cette application que nous soulignerons les insuffisances et les inconvénients des photomultiplicateurs multivoies existant actuellement sur le marché pour justifier les propositions de l'invention et dégager les avantages qu'elle procure.

Cette application particulière des multiplicateurs électroniques est celle qui leur associe une photocathode source des électrons primaires et un culot portant les électrodes pour extraire les signaux et polariser les étages, afin de créer un photomultiplicateur. Actuellement, quel que soit le fabricant, la confection de ces photodétecteurs relève de la technologie des lampes avec interventions du verrier, où, la plupart du temps, le hublot (support de la photocathode), ainsi que le culot font partie intégrante de l'enveloppe. En conséquence, la géométrie et la connectique de ces tubes ne permettent pas des regroupements efficaces en vue de composer de grandes surfaces photosensibles homogènes (qq m<sup>2</sup>). Ceci constitue une limitation sévère de leur emploi dans tout le domaine des sciences de la matière et du vivant que dans le monde industriel.

Rappelons succinctement le principe de fonctionnement d'un multiplicateur d'électrons, qu'il soit mono ou multicanal. La figure 1 rassemble les principaux composants propres à expliquer le processus. La référence 1 symbolise une enceinte à vide où sont disposés les autres éléments. Les électrodes de multiplication E 1, 2, 3, 4 ont une forme et une disposition spatiale propres à recueillir et à réémettre des électrons. Elles sont électriquement isolées entre elles et communiquent avec l'extérieur par des broches fixées à l'enveloppe au moyen de passages isolants. L'électrode de sortie ou anode 5 procède de la même technique. Chaque électrode est recouverte d'une

couche qui favorise l'émission secondaire. L'électrode 3 fournira les électrons primaires nécessaires pour déclencher la multiplication ; elle joue ici le rôle de cathode.

On établit la distribution des potentiels afin d'appliquer un champ électrique entre les électrodes. L'anode est reliée à la masse au travers d'un instrument de mesure.

Un électron émis par 3 est accéléré par le champ électrique qui règne entre 3 et E<sub>1</sub> puis impacte E<sub>1</sub>, qui émet à son tour N électrons eux-mêmes accélérés pour impacter E<sub>2</sub>. Le processus se poursuit et 5 intercepte un flux de N<sup>4</sup> électrons.

Comme l'ont proposé certains auteurs, voir figure 2, il est possible de constituer ainsi une série de canaux 86 orientés verticalement sur cette figure. Ils sont constitués d'une série d'alvéoles 88 ayant les propriétés mentionnées dans le paragraphe précédent. Ces canaux résultent d'un empilement de plaques métalliques 80, 82 et 84 dans lesquelles ont été usinées les alvéoles 88. Ces plaques métalliques alvéolées, dites plaques perforées, sont isolées par des plaques ou entretoises isolantes 81.

Avec un tel empilement, il est ainsi possible de constituer un multiplicateur à plaques perforées, tel qu'il est représenté sur la figure 3.

Il est décrit dans un article de J. P. BOUTOT, P. LAVOUTE et G. ESCHARD, "Multianodes, photomultiplicateur for detection and localization of low light level events", IEEE, France, Nucl. Sci., n° 34, 1987, 449.

Il comprend une fenêtre d'entrée 2, généralement en verre, qui permet aux photons d'atteindre une photocathode 4 déposée sur la face interne de cette fenêtre d'entrée 2. Une ou deux grilles 6, placées au-dessous de la photocathode 4, imposent une répartition électrostatique de lignes de champ, joignant la photocathode 4 à la structure multiplicatrice en vue de définir un nombre déterminé de pixels, à savoir ici 64. En dessous de cette grille 6, se trouve l'empilement composé des différentes plaques perforées 8, assumant la fonction de multiplication. L'empilement des plaques perforées 8 se termine par une électrode de sortie 10 segmentée en 64 électrodes de sortie reliées à l'extérieur par les broches 14. Ces électrodes 10 se trouvent placées sur une plaque de sortie 12, souvent réalisée en verre, et recueillent des signaux électriques d'amplitude proportionnelle aux flux photoniques incidents qui insolent chacun des pixels. L'ensemble des plaques multiplicatrices 8 est placé sous vide dans une enceinte délimitée par les plaques d'entrée 4 et de sortie 12, et par des parois 16.

Notons que, sur ce schéma de principe de la figure 3, extrait de la publication précitée, les broches assurant la polarisation des différents étages multiplicateurs ne sont pas représentées.

Les figures 4 et 5 représentent à l'échelle 1, en vue de dessous 4 et vue de profil 5, la version industrialisée d'un photomultiplicateur multivoie incorpo-

rant dans son enveloppe de verre un multiplexeur à feuilles perforées respectant en tout point le schéma de principe de la figure 1.

On peut remarquer tout d'abord la forme encombrante de l'enceinte étanche délimitée par les parois 16, par rapport à la dimension de la zone active, c'est-à-dire des 64 pixels. Cet encombrement est encore accru par l'existence d'un queusot 17 débordant des parois 16. De plus, ces plaques multiplicatrices 8 sont polarisées par des broches périphériques 18 placées autour de l'empilage et dépassant de la plaque de sortie 12.

Ce photodétecteur, ainsi réalisé, présente les inconvénients suivants :

- le rapport de la surface photosensible à l'encombrement total est de l'ordre de 13 %, ce qui est trop faible ;
- la forme est compliquée par l'existence du queusot 17 qui réduit à moins de 10 % l'efficacité géométrique de ce composant en cas de juxtaposition de plusieurs tubes ;
- son utilisation impose le câblage d'une embase spéciale, encombrante et coûteuse, pour distribuer les polarisations des différents étages ;
- les broches des signaux de sortie et des broches de haute tension, pour polariser les étages, se côtoient sur la même face du tube ;
- la difficulté d'extraire, avec des connexions courtes, les signaux des 64 broches implantées en zone centrale ;
- la difficulté d'obtenir, pour un même tube, une multiplication homogène des 64 canaux et, au sein d'une série de tubes, une homogénéité entre individus (comme cela a été mis en évidence par des tests de fonctionnement) ;
- la difficulté de faire évoluer le tube en dimension dans le but d'accroître le nombre de pixels (256 ou 1 024) ;
- la difficulté d'obtenir à des coûts et des délais raisonnables le type de photocathode désiré ;
- la difficulté d'obtenir de la part des fabricants le type de fenêtre d'entrée désiré ; et
- finalement l'impossibilité pour l'utilisateur d'insérer le multiplicateur seul dans une chaîne expérimentale entre un générateur de particules initiales, qui remplacerait la photocathode, et un dispositif particulier d'analyse des flux électroniques de sortie.

Tous ces inconvénients ne relèvent ni des formes, ni des dimensions et des positions des zones multiplicatrices et pas davantage de la nature des électrodes ou des dépôts émissifs.

Ils résultent de la conception même du multiplicateur dont l'élaboration et par suite le fonctionnement imposent qu'il soit logé dans une enceinte à vide, ici en verre. En poursuivant l'analyse de cette application particulière pour la fabrication de photomultiplicateurs, nous remarquerons que cette technologie du

verre implique les étapes suivantes :

- la préparation de la mécanique des structures multiplicatrices par attaque chimique, assemblage des étages multiplicateurs, empilement des étages électriquement isolés par des billes de verre et des entretoises de céramique ;
- la préparation d'un culot porteur des broches qui servent à polariser les étages et extraire les signaux et à fixer mécaniquement le multiplicateur ;
- la préparation d'une enveloppe de verre qui relie le hublot, futur support de la photocathode, au culot ;
- la phase finale où le montage doit être pompé, étuvé, puis sensibilisé par élaboration de la photocathode et activation des dynodes. Cette phase d'activation doit avoir lieu en une seule opération, qui, si elle se révèle défectueuse, conduit au rejet sans récupération de tous les composants du montage. On note que ces pratiques conviennent à la fabrication des photomultiplicateurs de petite taille où les étages sont plans.

L'ensemble de ces inconvénients n'est pas spécifique à l'application qui nous a servi de support pour analyser et qualifier l'art antérieur.

Le but de l'invention est donc de remédier à ces inconvénients et de proposer un multiplicateur d'électrons autonome vis-à-vis du vide, de l'aspect mécanique de la polarisation des étages et de la distribution spatiale des entrées/sorties des canaux de multiplication.

A cette fin, l'invention propose l'élaboration d'un multiplicateur sous forme d'un bloc compact, autoporteur, incluant dans la masse tous les éléments propres à établir les potentiels et produire des électrons secondaires nécessaires à la multiplication en utilisant la technologie des céramiques multicouches. Les céramiques multicouches, depuis plus de vingt ans, font l'objet d'études approfondies et d'une industrialisation intensive et fournissent en série des produits peu coûteux et de hautes performances physiques, chimiques, mécaniques et géométriques. De plus, la grande variété des produits, la précision des dosages des constituants et l'informatisation des protocoles d'élaboration élargissent les possibilités offertes dans le but de satisfaire des réalisations de jour en jour plus complexes.

A l'exemple des établissements NTK (Japon) et XERAM (France), des substrats en céramique multicouches "cofrittés" sont commercialisés comme boîtiers pour loger des circuits intégrés ou comme circuits imprimés permettant d'implanter en haute densité des composants électroniques. Ces performances sont le fait du grand nombre de connexions superficielles réalisables sur chaque face des dix, vingt ou trente feuilles de céramique avant cuisson. Le produit obtenu à l'issue du frittage présente une très haute herméticité, gage d'une très grande fiabilité et longé-

tivité, et un très dense réseau d'interconnexion superficiel et massif, reliant les composants électroniques disposés en périphérie.

L'invention prétend se servir des acquis de la technologie des céramiques multicouches et de les adapter en vue de réaliser un multiplicateur d'électrons compact, utilisable dans de nombreuses applications, dont celles des photomultiplicateurs.

## RESUME DE L'INVENTION

Un premier objet de l'invention est une structure compacte multiplicatrice d'électrons par émission secondaire présentant une pluralité de canaux multiplicateurs, caractérisée en ce qu'elle est constituée d'un bloc compact, étanche, isolant en céramique, dans lequel se trouvent distribuées, selon trois dimensions, des cavités à parois conductrices formées d'un dépôt conducteur, convenablement activées et reliées entre elles par un conduit de liaison permettant le transit du flux amplifié d'électrons, ainsi que des moyens de polarisation de ces cavités.

Dans sa principale réalisation, la structure multiplicatrice selon l'invention résulte d'un frittage à haute température d'un empilement de plaques (ou feuilles) de céramique crues dont chaque plaque (ou feuille) a été préalablement poinçonnée et usinée afin de créer des conduits de liaison et des cavités ; les moyens de polarisation étant constitués du dépôt métallique sur la surface des cavités et de pistes conductrices sur une surface de chaque plaque de céramique pour relier chaque cavité à des contacts électriques latéraux.

Pour compléter la description de cette structure, on notera que les cavités peuvent occuper n'importe quelle position dans le bloc, contrairement à ce qu'impose l'empilement de plaques métalliques perforées. La technique du "cofrittage" de feuilles isolantes offre une réelle distribution en trois dimensions (3D) des cavités et, par là-même, la liberté d'associer les cavités pour constituer des canaux courbes.

L'indépendance électrique des cavités, associée à la distribution spatiale 3D, permet la réalisation de canaux courbes, figure 7, où les flux électroniques incident et sortant apparaissent sur la même face du bloc.

Plusieurs positions relatives des canaux entre eux sont possibles. En effet, les canaux peuvent se rencontrer, communiquer entre eux, ou bien se subdiviser ou se regrouper.

Dans une réalisation particulière des canaux, plusieurs cavités successives d'un même canal peuvent être polarisées à la même tension en étant reliées au même contact latéral, pour constituer ainsi un même étage multiplicateur.

Si les cavités sont simplement métallisées, la structure peut également être utilisée comme multi-lentille électronique, en vue de conditionner les électrons en distributions spatiale et énergétique.

Un deuxième objet principal de l'invention est un photomultiplicateur comportant une structure multiplicatrice telle que définie ci-dessus, et une photocathode disposée à une première extrémité de chaque canal pour recevoir les impulsions lumineuses et les transformer en impulsions électroniques dans lesdits canaux, au moins une électrode de sortie pour le prélèvement des impulsions amplifiées et disposées à la deuxième extrémité de chaque canal, un culot, également constitué de plaques céramiques revêtues de couches conductrices électroémissives convenablement disposées.

Un troisième objet de l'invention est un procédé de fabrication d'une structure multiplicatrice, telle qu'elle vient d'être résumée. Un tel procédé comprend les étapes suivantes :

- usinage de plaques (ou feuilles) de céramique crue pour former les cavités et canaux intercavités ;
- encrage à l'encre conductrice des zones qui formeront les cavités et les pistes conductrices les reliant entre elles et à un contact extérieur latéral ;
- empilage des plaques (ou feuilles) ainsi préparées ;
- cuisson dans les conditions requises ;
- dépôt sur les zones conductrices des cavités des matériaux propres à engendrer, après activation, une forte émission secondaire ;
- dépôt sur les contacts externes des métaux assurant un excellent contact ohmique ;
- activation du multiplicateur par des procédés physico-chimiques appropriés.

## LISTE DES FIGURES

Le problème posé que vise à résoudre l'invention et le multiplicateur de l'art antérieur ont été présentés à l'aide des premières figures qui représentent respectivement :

- figure 1, le principe de fonctionnement d'un multiplicateur d'électrons communs à l'art antérieur et à l'invention ;
- figure 2, ce principe appliqué à de multiples canaux verticaux ;
- figure 3, le schéma de principe d'un photomultiplicateur incorporant un multiplicateur à feuilles perforées de l'art antérieur ;
- figure 4, un autre photomultiplicateur de l'art antérieur vu de dessus ;
- figure 5, ce même photomultiplicateur vu de côté.

L'invention et ses caractéristiques techniques seront mieux comprises à la lecture de la description détaillée suivante et qui est accompagnée des autres figures représentant respectivement :

- figure 6, la constitution d'un canal de multiplication selon l'invention, sans préjuger de la forme

des cavités ;

- figure 7, une première configuration possible pour un canal dans une structure multiplicatrice selon l'invention ;
- figure 8, une autre configuration possible dans laquelle un canal se divise en deux canaux dans la structure selon l'invention ;
- figure 9, un multiplicateur à deux canaux et trois étages ;
- figure 10, une possibilité d'association de trois multiplicateurs compacts ;
- figure 11, en vue cavalière, un exemple de réalisation de la structure multiplicatrice selon l'invention ;
- figure 12, en coupe, la structure multiplicatrice de la figure 11 ;
- figure 13, un exemple de réalisation de feuilles de céramique dans le procédé selon l'invention ;
- figure 14, un exemple d'assemblage des feuilles de la figure 13 ;
- figure 15, la face latérale d'une structure multiplicatrice portant les contacts externes permettant de polariser les cavités ;
- figure 16, un exemple de réalisation du photomultiplicateur selon l'invention.

#### DESCRIPTION DETAILLÉE D'UN MODE DE RÉALISATION

Dans le canal représenté par la figure 6, trois formes de cavités sont données en exemple de réalisation. La première cavité 33 est de forme cylindrique. La deuxième cavité 34 est un empilement de cylindres creux coaxiaux. La troisième cavité 35 a une forme quelconque qui peut être obtenue de façon approchée par un empilement de feuilles convenablement découpées.

Ces trois exemples de formes de cavités peuvent être obtenus en poinçonnant des plaques de céramique 36 qui sont ensuite superposées. Il en résulte qu'une grande liberté est offerte pour placer les pistes d'interconnexion sur l'une quelconque des feuilles participant à la constitution d'une cavité.

La figure 7 représente succinctement une configuration possible d'un canal dans un multiplicateur selon l'invention, et plus précisément dans un bloc 20 de céramique.

On note tout d'abord la forme non rectiligne du canal. Cette forme fait que, dans ce cas, l'entrée et la sortie de celui-ci imposées par la polarisation des cavités successives se trouvent sur la même surface supérieure 26 du bloc 20. Les électrodes d'entrée 22 et de sortie 25 se trouvent donc sur cette même surface 26. Le canal est formé d'une succession de plusieurs cavités 21 reliées par des conduits de liaison 27.

Chaque cavité 21 est équipée de moyens de polarisation 28, 24, 23, pour porter la surface interne de chacune d'elles à un potentiel électrique déterminé.

Les parois conductrices recouvertes d'un dépôt métallique conducteur 28, puis activées chimiquement constituent les zones multiplicatrices. Ce dépôt métallique 28 est relié lui-même à un contact électrique extérieur 23 se trouvant sur une des surfaces du bloc de céramique 20, au moyen d'un connecteur 24. Chaque contact latéral 23 est porté au potentiel nécessaire à la cavité correspondante, pour que cette dernière constitue une zone multiplicatrice.

On voit sur cette figure 7 que les connecteurs 24 sont noyés dans le bloc de céramique 20. La réalisation d'une telle configuration est de préférence obtenue en constituant le bloc de céramique 20 par l'emploi de feuilles de céramique. Les connecteurs 24 sont alors appliqués sur une surface de ces feuilles, lors de la préparation de ces dernières.

La figure 8 montre une autre fonction des cavités multiplicatrices qui est la distributivité spatiale des électrons secondaires. La voie se divise en 21 en deux parties au moyen de deux conduits 32 aboutissant chacun à une autre cavité 31. Le canal est ainsi divisé en deux pour se terminer par deux électrodes de sortie 25. Dans le cas représenté dans cette figure, ces deux électrodes de sortie 25 sont placées sur deux faces différentes du bloc de céramique.

On peut également envisager la situation inverse où deux canaux au moins se rejoignent dans une cavité afin d'additionner les flux d'électrons dans le canal multiplicatif commun. Ils possèdent dans ce cas chacun une électrode d'entrée mais une seule électrode de sortie.

Un autre exemple de forme de cavité est présenté par la figure 9. Les cavités 371, 372, 373, ainsi que les conduits 39 sont des cylindres obtenus par empilement de feuilles convenablement perforées. Pour chaque cavité, une des feuilles la constituant portera la piste conductrice 38 la reliant au contact externe 23.

Une telle réalisation permet de simplifier la fabrication du bloc de céramique en simplifiant les formes à pratiquer dans les plaques 36. Toutes les cavités d'un même étage 372 sont portées au même potentiel au moyen des pistes conductrices 38 reliant les dépôts conducteurs des cavités entre eux et au contact extérieur 23.

Dans les quatre exemples exposés par les figures 6, 7, 8, chaque cavité successive d'un canal est mise à un potentiel électrique déterminé, et successivement croissant, pour satisfaire aux conditions de multiplication.

La figure 10 représente une coupe transversale de trois multiplicateurs 40 déjà décrits. Cet exemple veut montrer l'associativité des blocs multiplicateurs issus de l'invention, entre eux, exploitant ainsi leur autonomie mécanique et électrique.

En référence à la figure 11, on comprend qu'il est possible de réaliser une structure multiplicatrice en céramique compacte et très complexe. Une telle

structure peut donc avoir sur sa surface supérieure 26 l'entrée de chaque canal 43, mais surtout peut avoir sur des surfaces différentes 44 et 45 les sorties 46 de ces canaux. Il est en fait très avantageux de pouvoir modifier ainsi dans l'espace la trajectoire des canaux pour pouvoir orienter la sortie de ceux-ci en direction des éléments et appareils destinés à l'exploitation des signaux amplifiés. On adapte ainsi la forme du multiplicateur à l'utilisation à laquelle il est destiné.

La figure 12 montre en coupe une telle structure compacte en céramique. On voit que tous les canaux 43 ont leur entrée sur la surface supérieure 26. Par contre, les sorties de ces canaux se trouvent sur trois surfaces différentes 45, 46 et 47.

Les contacts latéraux 23 peuvent être assemblés sur la même surface latérale 48 ou 49. Les cavités 21 des canaux peuvent ainsi être portées à des potentiels différents, par rapport aux autres cavités du même canal, mais également par rapport aux cavités du même rang des autres canaux.

La figure 13 montre plusieurs plaques de céramique crues 51 à 56, apprêtées et disposées les unes au-dessus des autres, lors de l'empilement, et figure 14 après cuisson. En effet, dans l'élaboration de la structure multiplicatrice en céramique, telle qu'elle est prévue selon l'invention, on utilise au préalable des plaques de céramique que l'on prépare (usinage par poinçonnage, perçage, ...) en vue de constituer un empilement destiné à réaliser la structure multiplicatrice. Un exemple de réalisation de deux portions de canaux adjacents est donc illustré sur cette figure 13. Les deux premières plaques (ou feuilles) 51 et 52 sont accolées l'une à l'autre. De plus, elles sont perforées et chaque trou 57 est enduit d'un matériau conducteur 58. Cette opération s'effectue de préférence par sérigraphie d'une encre conductrice qui relie les deux surfaces opposées 59 des deux plaques 51 et 52, ainsi qu'à un contact latéral 23 au moyen d'un conducteur 24. Le diamètre de ces trous 54 est relativement large, dans le but de constituer la paroi interne de deux cavités. Les quatrième et cinquième plaques 54 et 55 subissent le même sort, de la même manière.

Par contre, la troisième plaque 53 et la sixième plaque 56 sont individuellement encrées sur leur grande surface 60, autour de trous 61 de diamètre plus restreint que les trous 57 des autres plaques. La position de ces trous 61 se fait en correspondance avec la position des trous 57 des autres plaques. On remarque que les trous 61 ont la plus grande partie de leur paroi interne isolante, puisqu'elle est constituée de céramique.

La figure 14 montre l'empilement de ces six plaques. On remarque que les troisième et sixième plaques 53 et 56 sont placées par rapport aux deux ensembles constitués des première et deuxième d'une part et des quatrième et cinquième d'autre part, de façon désaxée. En d'autres termes, les trous 61 de ces troisième et sixième plaques 53 et 56 sont désaxés

par rapport aux trous 57 des quatre autres plaques. En mettant en correspondance une partie des surfaces internes de ces trous 57 et 61, il est ainsi possible de constituer des cavités 62 et des morceaux de conduits 63 d'une manière analogue à l'exemple de réalisation représenté sur la figure 9.

Cet exemple a pour but de montrer la faisabilité des divers canaux, cavités, parois et pistes conductrices décrits précédemment et faisant l'objet de l'invention en utilisant les moyens actuellement disponibles en technique des céramiques multicouches et ne limite en rien les formes ni les dispositions des éléments constitutifs des multiplicateurs compacts.

La figure 15 montre le côté d'une structure multiplicatrice, telle qu'elle est obtenue à l'aide du procédé illustré par les figures 13 et 14. En effet, sur la face latérale 64 de cette structure, on peut distinguer plusieurs contacts latéraux : 230 polarise l'entrée des canaux, 231 l'étage médian, 232 l'électrode de sortie.

A cet effet, les étages étant placés les uns en-dessous des autres, tous les connecteurs latéraux 230, 231, 232, sont décalés et peuvent être plus facilement reliés par un dépôt résistif qui établit la distribution des potentiels dès lors qu'on porte le contact 230 à une tension électrique et 232 à la masse par exemple. A l'issue de cette phase, on dispose donc d'une structure multiplicatrice compacte, rigide, incluant dans la masse des cavités conductrices, isolées entre elles, et polarisables par voie externe.

Par électrodéposition, ou tout autre procédé, on peut également recouvrir les zones conductrices d'un ou de plusieurs métaux idoines, susceptibles de recevoir des traitements de surface pour augmenter le phénomène d'émission secondaire.

La distribution des différents potentiels sur les contacts latéraux 23 peut se faire au moyen d'une encre résistive. L'ajustement des valeurs peut se faire après la cuisson par volatilisation de l'encre sous les impacts d'un faisceau laser.

La figure 16 représente globalement un photomultiplicateur obtenu au moyen d'une structure multiplicatrice fabriquée avec le procédé selon l'invention.

Un tel photomultiplicateur comprend un hublot d'entrée 90 portant sur sa face interne une photocathode 92 qui émettra des photoélectrons sous l'action de la lumière. Ces électrons, drainés vers l'entrée des canaux se multiplieront au fur et à mesure de la progression des impacts électroniques dans le multiplicateur.

Le flux sortant d'électrons est recueilli par les électrodes internes 96 reliées aux contacts externes 91 par des pistes conductrices 95. Tous ces éléments sont inclus dans le culot 98 élaboré en céramique multicouches.

A travers ce dernier, se trouve la sortie des signaux sur des contacts externes 91 reliés à l'électrode de sortie 96. Ce culot 98 est de préférence en cé-

ramique multicouches, afin de supprimer les broches de connexion au profit de contacts superficiels 91. En effet, ces derniers constituent des éléments de connexion robustes, peu encombrants et compatibles avec les standards pratiqués en micro-électronique. De plus, un tel culot, ainsi que le multiplicateur, sont d'une opacité totale à la lumière.

Comme on vient de le voir, une telle structure multiplicatrice compacte peut être simplement placée entre un hublot porteur d'une photocathode et un culot extracteur des signaux.

## AVANTAGES DE L'INVENTION

Le procédé de fabrication selon l'invention fournit donc un objet compact et autonome, tant du point de vue mécanique et du point de vue vide que du point de vue électrique. En conséquence :

- il supprime tous les éléments de maintien et de centrage des plaques métalliques composant les étages multiplicateurs dans les procédés antérieurs ;
- il supprime tous les éléments encombrants dévolus à la polarisation des étages ;
- il supprime l'enveloppe, en verre ou en métal, qui a pour unique fonction de maintenir le vide ;
- il élimine tous les problèmes de dilatation différentielle entre les parties conductrices et isolantes qui minent et souvent condamnent l'herméticité des enceintes ;
- il offre un objet constitué d'un matériau de qualité que sont les céramiques, en particulier vis-à-vis de l'ultravide ;
- il offre du point de vue mécanique des précisions et des états de surface excellents ;
- il offre des possibilités dimensionnelles importantes et donc une multiplicité importante vis-à-vis du nombre des canaux ;
- il offre la possibilité de compacter un nombre important d'étages sans entraîner un surcoût notable de la fabrication.

L'objet fabriqué se comporte comme un composant à insérer dans une chaîne instrumentale libre de toute protection contre l'atmosphère ambiante.

Dans le cadre de l'application de l'invention à la réalisation de photomultiplicateurs multivoies, il se dégage plusieurs avantages pour les fabricants :

- l'activation des matrices pour augmenter l'émission secondaire peut être faite indépendamment de l'élaboration de la photocathode, de l'assemblage final puis du scellement du tube ;
- le contrôle du gain de chaque canal peut être pratiqué avant l'assemblage avec le culot de sortie, afin de n'associer que des composants aux performances reconnues.

L'assemblage final s'effectue par la technique de transfert qui permet le choix de la nature du hublot et de la photocathode, ainsi que du niveau de son émis-

sivité avant le scellement définitif du tube.

Cette dissociation de fonctions autorise la confection de plusieurs tubes à la fois et diminue le taux d'échecs lors de la fabrication.

Dans le cadre de l'emploi de ces photomultiplicateurs, les utilisateurs trouvent également des avantages suivants :

- la mise en oeuvre de ce photomultiplicateur multivoies consiste simplement à établir les potentiels de la cathode et la masse aux extrémités du tube ;
- la juxtaposition des tubes permet de couvrir de grandes surfaces photosensibles tout en minimisant les zones mortes ;
- la sortie des signaux n'interfère pas avec les alimentations haute tension des tubes et permet de réaliser un plancher électronique homogène pour leur acquisition ;
- le montage ainsi obtenu est très compact en hauteur, environ 15 à 20 mm, selon le nombre d'étages.

La structure multiplicatrice selon l'invention n'est pas limitée à son application déjà décrite aux photomultiplicateurs.

Sans vouloir dresser une liste exhaustive d'applications potentielles, où ce composant peut apporter les améliorations notables déjà mentionnées, on trouvera dans la liste ci-dessus la composition des assemblages satisfaisant aux explications correspondantes.

Dans le cadre d'un intensificateur de lumière multivoie, la source de particules initiale est une photocathode, le multiplicateur céramique a une polarisation permanente des étages et le récepteur est un écran interne phosphorescent associé à une batterie de photodétecteurs ou à un dispositif à transfert de charges.

Dans l'application à un détecteur pour la spectrométrie de masse, la source est une cible bombardée par les ions et fournissant des électrons secondaires, le multiplicateur céramique a une polarisation permanente de ces étages, le récepteur est constitué d'électrodes de sortie associées à une électronique d'exploitation.

Pour l'analyse des surfaces, la dosimétrie par exo-émission, la source est une surface ou un dépôt sur une surface qui fournit une exo-émission électronique spontanée ou stimulée, on retrouve le multiplicateur en céramique avec sa polarisation permanente des étages et des électrodes de sortie en connexion avec une électronique d'exploitation.

Pour la mesure et le contrôle du vide et de l'ultravide, la source provient d'une excitation des molécules et des atomes résiduels d'une enceinte à vide, le multiplicateur en céramique a une polarisation permanente des étages associée à un champ magnétique. On utilise toujours des électrodes de sortie avec une électronique d'exploitation.

Dans le cadre de la corrélation temporelle et analogique d'évènements, la source est l'une des sources précitées, le multiplicateur est en céramique avec une alimentation conditionnelle des étages. Quant à la sortie, elle est constituée d'électrodes associées chacune à une électronique d'exploitation.

Enfin, pour l'accroissement de la luminosité des injecteurs électroniques, on utilise une des sources précitées, le multiplicateur en céramique avec la polarisation permanente des étages et une optique électronique pour adapter le transfert du flux électronique à l'étage optique électronique de sortie.

Jusqu'ici, notre propos était de faire intervenir les parois des cavités comme des cibles pour accroître la population électronique et en utilisant les propriétés d'optique électronique imposées par la forme et la disposition de ces mêmes cavités métalliques.

Si maintenant on supprime le rôle de cible rempli par les parois en évitant que les électrons les heurtent, ces cavités convenablement dimensionnées et centrées se comportent comme autant de lentilles électrostatiques juxtaposées. Cette structure de céramique devient une "multilentille électrostatique" bénéficiant de tous les avantages technologiques décrits précédemment, et conditionnant les électrons pour qu'ils se présentent de façon optimale à l'entrée de l'optique électrostatique suivante.

## Revendications

1. Structure compacte multiplicatrice d'électrons par émission secondaire présentant une pluralité de canaux multiplicateurs (43), caractérisée en ce qu'elle est constituée d'un bloc compact, étanche, isolant en céramique, dans lequel se trouvent distribuées, selon trois dimensions, des cavités (21, 31, 33, 34, 35, 37, 41) à parois conductrices formées d'un dépôt conducteur (28), convenablement activées et reliées entre elles par un conduit de liaison (63) permettant le transit du flux amplifié d'électrons, ainsi que des moyens de polarisation de ces cavités.
2. Structure multiplicatrice (94) selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle résulte d'un frittage à haute température d'un empilement de plaques (ou feuilles) de céramique (51 à 56) crues dont chaque plaque a été préalablement perforée et usinée afin de créer des conduits de liaison (60) et des cavités (21, 31, 33, 34, 35, 37, 41), les moyens de polarisation étant constitués des parois conductrices sur la surface des cavités et de pistes conductrices (24) sur une surface (59) de chaque plaque de céramique pour relier chaque cavité à des contacts électriques latéraux externes (23).

3. Structure selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les cavités (21, 31, 33, 34, 35, 37, 41) sont distribuées spatialement dans les trois dimensions, notamment pour les cavités (21, 31) d'un même canal (43).
4. Structure selon la revendication 3, caractérisée en ce que l'électrode de sortie (96) est disposée sur plusieurs faces de sortie (45, 46, 47) où sur chacune d'entre elles aboutit au moins un canal (43).
5. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que plusieurs des canaux ont au moins un point d'intersection, c'est-à-dire qu'ils communiquent entre eux.
6. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'au moins un canal se subdivise en au moins deux branches de canaux (32).
7. Structure selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisée en ce qu'au moins deux canaux se regroupent.
8. Structure selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisée en ce que plusieurs cavités successives (41) sont polarisées à la même tension en étant reliées au même contact latéral (23) pour constituer un étage multiplicateur (40) multicellulaire.
9. Photomultiplicateur comportant une structure multiplicatrice selon l'une au moins des revendications 1 à 8, et
  - une photocathode (92) disposée à une première extrémité de chaque canal pour recevoir les impulsions lumineuses et les transformer en impulsions électroniques dans lesdits canaux (43) ;
  - au moins une électrode de sortie (96) pour le prélèvement des impulsions amplifiées et disposées à la deuxième extrémité de chaque canal (43) ;
  - un culot (98), également constitué de plaques céramiques revêtues de couches conductrices électroémissives convenablement disposées.
10. Procédé de fabrication d'une structure multiplicatrice d'électrons selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
  - usinage des plaques de céramique (51, 52, 53, 54, 55, 56) en vue de former les cavités (21, 31, 33, 34, 35, 37, 41) et les canaux (43) ;
  - encrage à l'encre conductrice des zones



destinées à former les cavités et les pistes conductrices (24) les reliant entre elles et à un contact extérieur latéral (23) ;

- empilage des plaques ainsi préparées ;
- cuisson de l'empilement ; 5
- dépôt sur les zones conductrices des cavités de matériaux propres à engendrer, après activation, une forte émission secondaire ;
- dépôt sur les contacts externes (23) de métaux assurant un excellent contact ohmique ; 10
- activation de la structure multiplicatrice par des procédés physico-chimiques.

11. Structure compacte de conditionnement spatial et énergétique d'électrons, formée de plusieurs canaux constitués chacun d'une succession de cavités conductrices électroniquement isolées et portées chacune à un potentiel de polarisation déterminé par des moyens de polarisation, constituée d'un bloc compact, isolant, en céramique, dans lequel se trouvent noyés des cavités formées d'un dépôt conducteur et reliées par des conduits de liaison, permettant aux canaux ainsi constitués de conditionner des flux d'électrons, ainsi que les moyens de polarisation de ces cavités. 15 20 25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

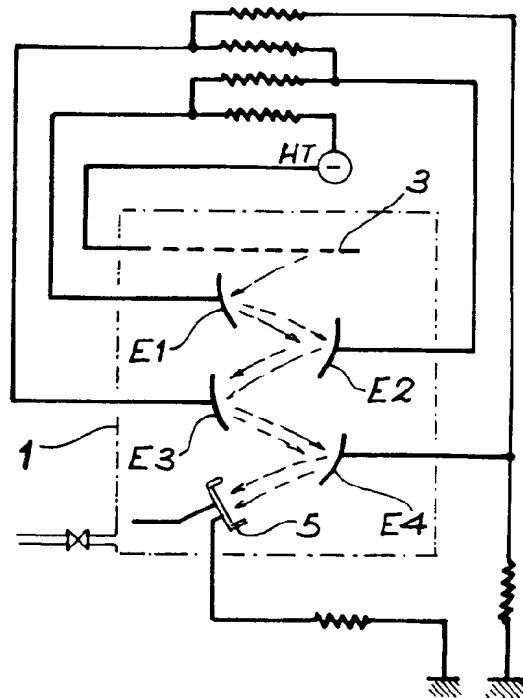


FIG. 2

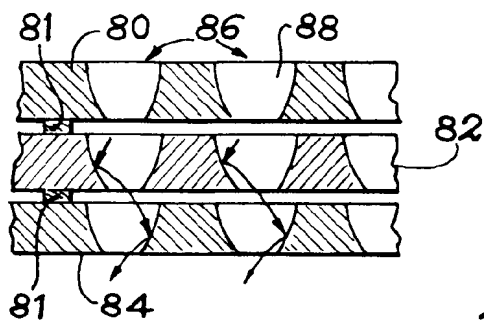


FIG. 3

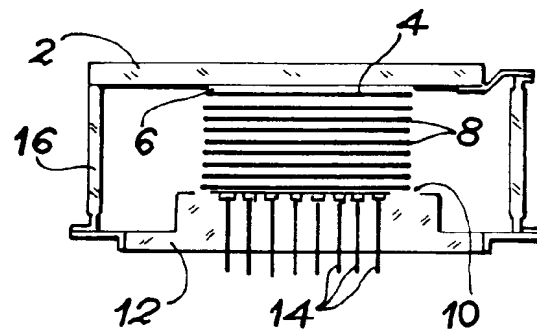


FIG. 4

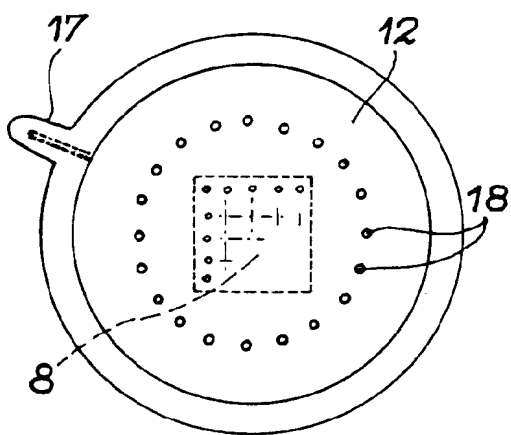
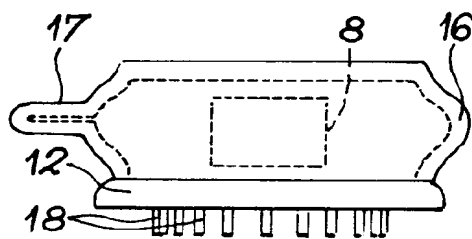
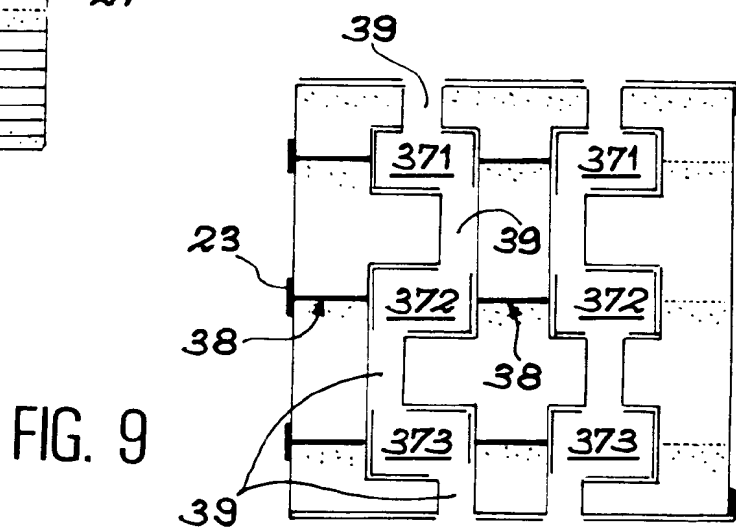
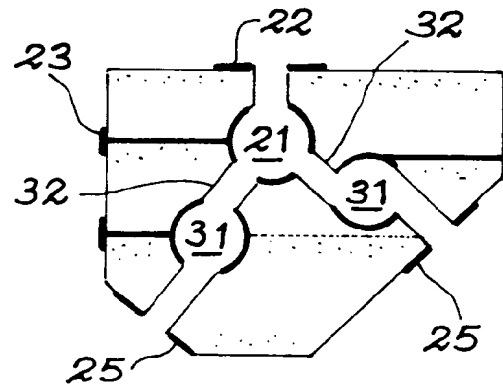
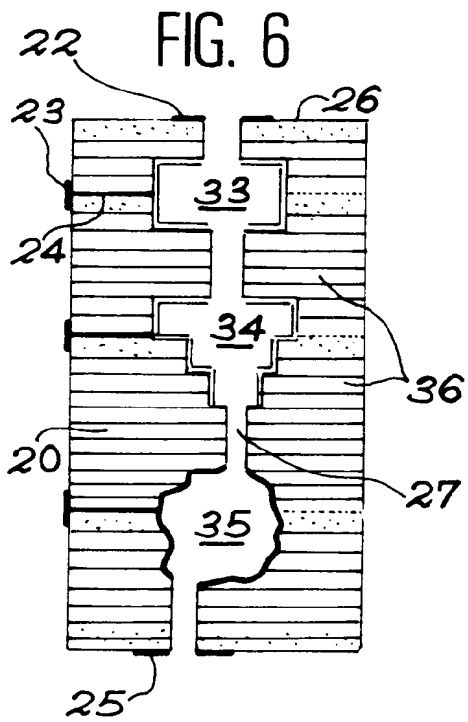
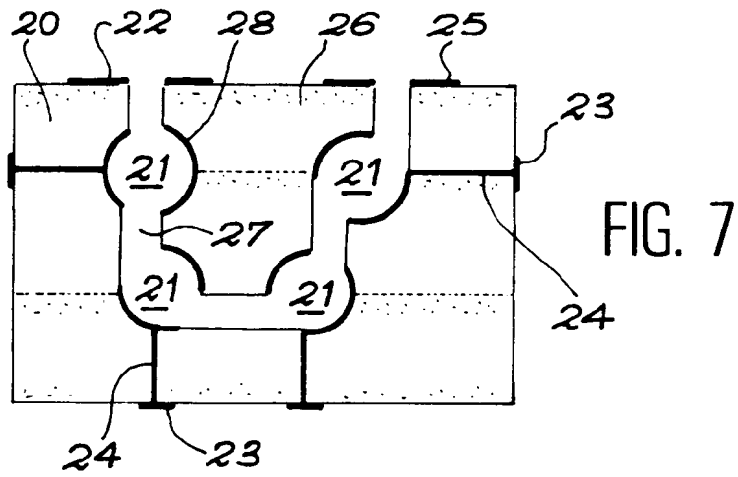


FIG. 5





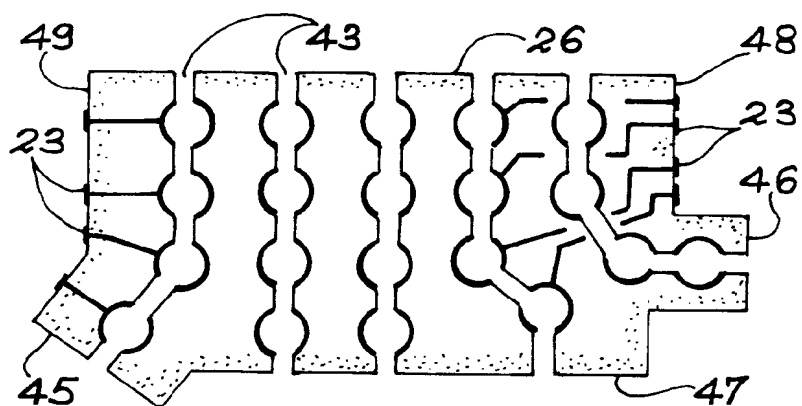
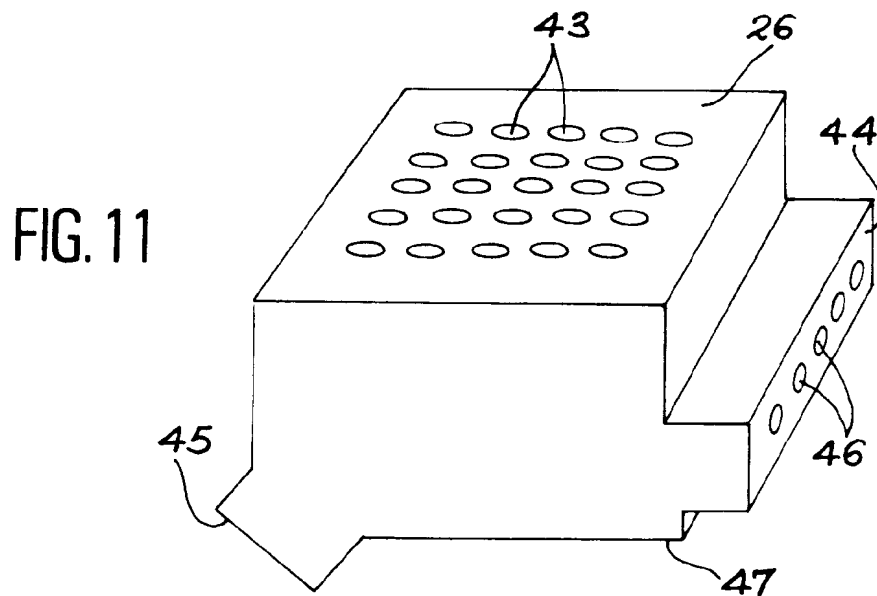
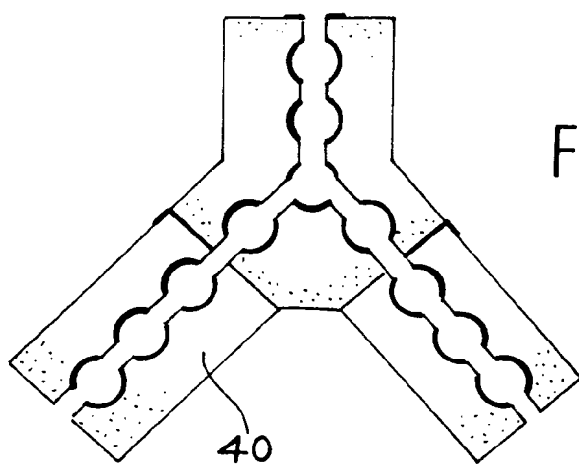


FIG. 13

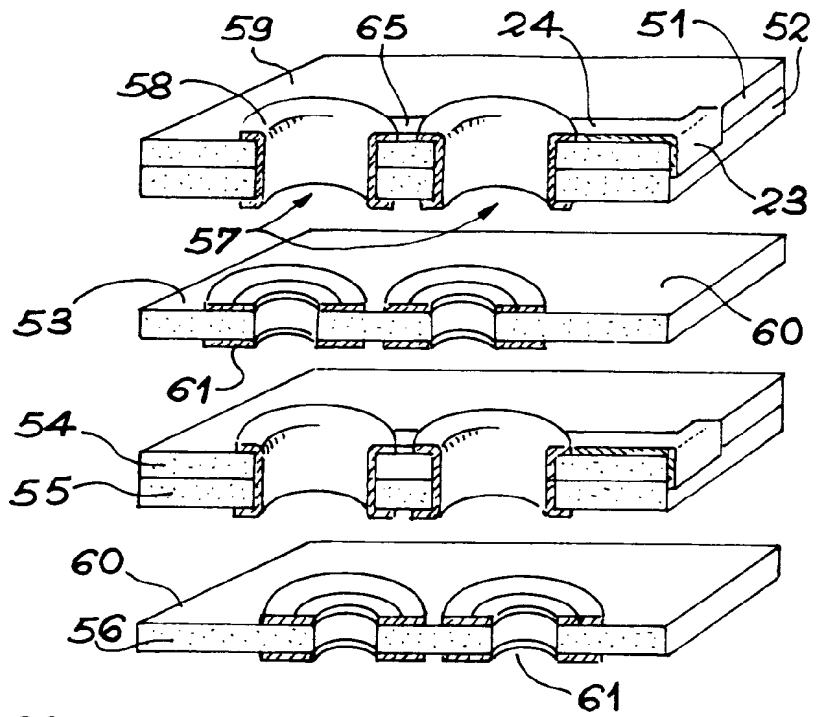


FIG. 14

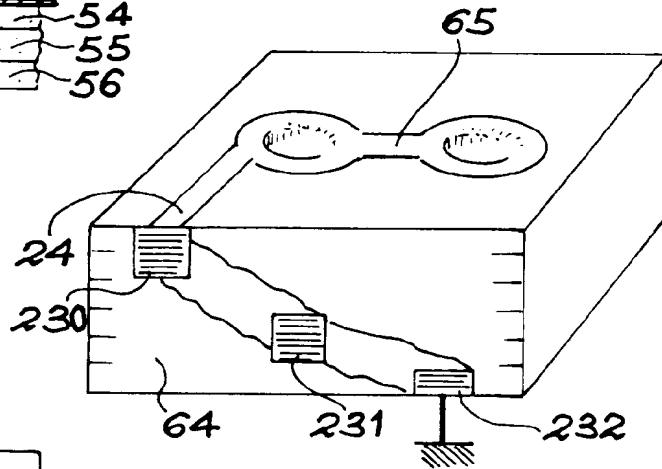
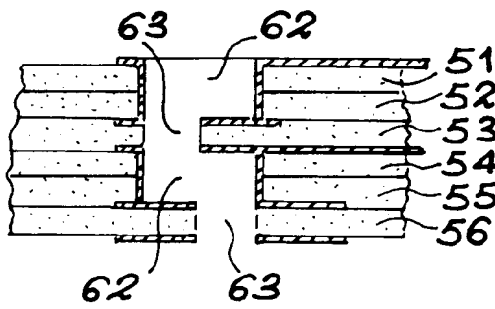


FIG. 15

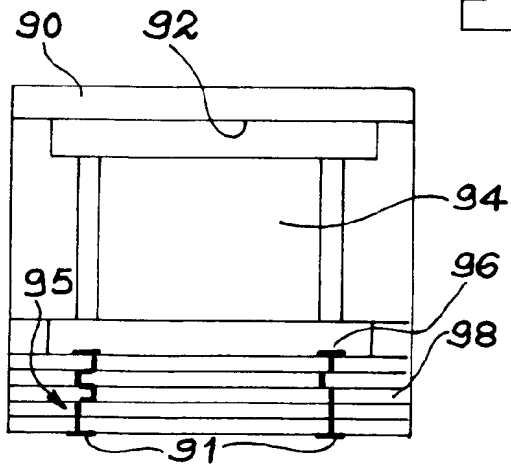


FIG. 16



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 1357

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
Y	EP-A-0 283 773 (KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GMBH)	1, 11	H01J43/04 H01J43/22
A	* colonne 3, ligne 35 - colonne 5, ligne 30; figures 1-3 *	2-4, 9, 10	
Y	EP-A-0 401 879 (K AND M ELECTRONICS, INC.)	1, 11	
A	* colonne 5, ligne 20 - colonne 6, ligne 25; figures *	9, 10	
A	EP-A-0 413 481 (GALILEO ELECTRO-OPTICS CORP.) * colonne 7, ligne 50 - colonne 8, ligne 4; figures 9E, 9F *	5, 6	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 319 (M-99)9 Juillet 1990 & JP-A-2 107 436 (MURATA MFG CO) 19 Avril 1990 * abrégé *	1, 10, 11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
A	NTIS TECH NOTES. Octobre 1990, SPRINGFIELD, VA US page 834; 'Multiple-dynode-layer microchannel plate.' * le document en entier *	1, 11	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			H01J
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 31 JUILLET 1992	Examineur SCHAUB G. G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.92 (P0402)